PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2002-064710

(43) Date of publication of application: 28.02.2002

(51)Int.Cl.

HO4N 1/41 H03M 7/30

HO3M HO4N

(21)Application number: 2001-157380

(71)Applicant: EASTMAN KODAK CO

(22)Date of filing:

25.05.2001

(72)Inventor: JOSHI RAJAN L

JONES PAUL W

(30)Priority

Priority number: 2000 579689

Priority date: 26.05.2000

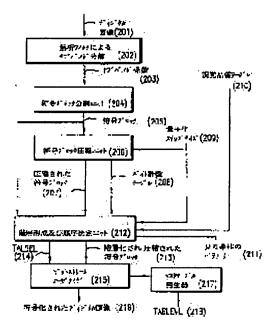
Priority country: US

(54) METHOD FOR GENERATING HIERARCHICALLY EDITED COMPRESSED DIGITAL IMAGE CORRESPONDING TO INCREASING VISUAL QUALITY LEVEL. AND METHOD FOR CONTROLLING RATE OF THE COMPRESSED DIGITAL IMAGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for generating hierarchically edited compressed digital image which corresponds to increased visual quality level by a JPEG 2000 coder.

SOLUTION: A received digital image is decomposed, to obtain sub bands each having sub band coefficients, quantized to obtain a quantized output with each sub band coefficient and a bit plane is formed. Entropy coding is applied to each bit plane of each sub band of a path, independently of other sub bands to obtain a compressed bit stream corresponding to each path. A visually signified value of each path is calculated, to obtain a visual quality table that designates a signified value corresponding to an estimated visual quality level. A minimum set of a compressed bit stream required for the signified value, corresponding to each path at each level, is identified. The compressed bit stream is sequenced, starting from a minimum to a maximum level layer designated by the visual quality table and each



layer which includes the compressed bit stream corresponding to a path from the minimum set corresponding to a level which is not included in a lower visual quality layer.

LEGAL STATUS

Date of request for examination

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(51) Int.Cl.7

(12) 公開特許公報(A)

FΙ

(11)特許出願公開番号 特開2002-64710 (P2002-64710A)

テーマコート*(参考)

最終頁に続く

(43)公開日 平成14年2月28日(2002.2.28)

H 0 4 N 1/41		H04N	1/41	B 5C059
H O 3 M 7/30		H03M	7/30	A 5C078
7/40			7/40	5 J O 6 4
H 0 4 N 7/30		H 0 4 N	7/133	Z
		審査請求	未請求 請求項	の数3 OL (全17頁)
(21)出願番号	特願2001-157380(P2001-157380)	(71)出顧人	590000846	
			イーストマン	コダック カンパニー
(22)出顧日	平成13年5月25日(2001.5.25)		アメリカ合衆国,	ニューヨーク14650, ロ
			チェスター,スプ	テイト ストリート343
(31)優先権主張番号	579689	(72)発明者	ラジャン エル	ジョシー
(32)優先日	平成12年5月26日(2000.5.26)		アメリカ 合衆 国	ニューヨーク 14618
(33)優先権主張国	米国 (US)		ロチェスター	プレイストーン・レーン
			215	
		(72)発明者	ポール ダブリ:	ュ ジョーンズ
			アメリカ合衆国	ニューヨーク 14428
			チャーチヴィル	リード・ロード 644
		(74)代理人	100070150	
			弁理士 伊東 思	忠彦

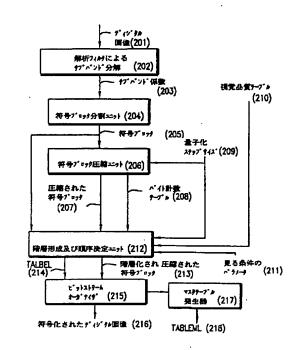
(54) 【発明の名称】 増加する視覚品質レベルに対応して階層へ編成された圧縮ディジタル画像を生成する方法及びこのような圧縮ディジタル画像のレートを制御する方法

(57)【要約】

【課題】 JPEG2000符号化器で増加する視覚品質レベルに対応して階層化される圧縮ディジタル画像を 生成する方法を提供することを目的とする。

觀別記号

【解決手段】 入力ディジタル画像を分解し夫々複数のサブバンド係数を有する複数のサブバンドを得、量子化し、各サブバンド係数の量子化出力値を得、ビット平面を形成する。パスの各サブバンドの各ビット平面を他のサブバンドとは独立にエントロピー符号化し、各パスに対応する圧縮ビットストリームを得る。各パスの視覚的に有意な値を計算し、予想視覚品質レベルと対応する有意な値に必要な圧縮ビットストリームを視覚の最小の組が識別される。圧縮ビットストリームを視覚品質テーブルで指定される最低から最高のレベルの階層へ順序づけ、各階層は低い視覚品質階層に含まれないレベルに対応する最小の組からのパスと対応する圧縮ビットストリームを含む。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 増加する視覚品質レベルに対応する階層 へ編成される圧縮ディジタル画像を入力ディジタル画像 から生成する方法であって、

- (a) 入力ディジタル画像を分解して夫々が複数のサブバンド係数を有する複数のサブバンドを生じさせ、
- (b) 上記分解された入力ディジタル画像の各サブバンドの複数のサブバンド係数を量子化して各サブバンドの 各サブバンド係数について量子化された出力値を生じさせ、
- (c) 各サブバンドのサブバンド係数の量子化された出力値から少なくとも1つのビット平面を形成し、
- (d) 各サブバンドの各ビット平面を他のサブバンドとは独立にエントロピー符号化されるよう少なくとも1回のパスでエントロピー符号化して各パスに対応する圧縮されたビットストリームを生じさせ、
- (e) 各パスについて視覚的に有意な値を計算し、
- (f) 予想視覚品質レベルと対応する視覚的に有意な値を指定する視覚品質テーブルを与え、
- (g) 各予想視覚品質レベルについて、パスと対応する 視覚的に有意な値を達成するのに必要な圧縮されたビットストリームの最小の組を識別し、
- (h)パスに対応する圧縮されたビットストリームを、上記視覚品質テーブルで指定される最も低い予想視覚品質レベルから最も高い予想視覚品質レベルまでの階層へ順序づけ、各階層は、より低い視覚品質階層に含まれていない予想視覚品質レベルに対応する上記識別された最小の組からのパスと対応する圧縮されたビットストリームを含む方法。

【請求項2】 増加する視覚品質レベルに対応する階層 へ編成される圧縮ディジタル画像を入力ディジタル画像 から生成する方法であって、

- (a) 入力ディジタル画像を分解して夫々が複数のサブバンド係数を有する複数のサブバンドを生じさせ、
- (b) 上記分解された入力ディジタル画像の各サブバンドの複数のサブバンド係数を量子化して各サブバンドの各サブバンド係数について量子化された出力値を生じさせ、
- (c) 各サブバンドを複数の符号ブロックへ分割し、
- (d) 各サブバンドの各符号ブロックのサブバンド係数 40 の量子化された出力値から少なくとも1つのビット平面を形成し、
- (e) 各サブバンドの各符号ブロックの各ビット平面を他の符号ブロックとは独立にエントロピー符号化されるよう少なくとも1回のパスでエントロピー符号化し、各パスに対応する圧縮されたビットストリームを生じさせ、
- (f) 各パスについて視覚的に有意な値を計算し、
- (g)予想視覚品質レベルと対応する視覚的に有意な値を指定する視覚品質テーブルを与え、

- (h) 各予想視覚品質レベルについて、パスと対応する 視覚的に有意な値を達成するのに必要な圧縮されたビッ トストリームの最小の組を識別し、
- (i)パスに対応する圧縮されたビットストリームを、上記視覚品質テーブルで指定される最も低い予想視覚品質レベルから最も高い予想視覚品質レベルまでの階層へ順序づけ、各階層は、より低い視覚品質階層に含まれていない予想視覚品質レベルに対応する上記識別された最小の組からのパスと対応する圧縮されたビットストリームを含む方法。

【請求項3】 少なくとも1つの画像のレートを制御する方法であって、

- (a) 各画像に対して多数の予想視覚品質レベル及び対応する視覚的な優位性の値を指定する視覚品質テーブルを設け、
- (b) 上記複数の画像を圧縮して夫々が上記視覚品質テーブルで指定される予想視覚品質レベルに対応する階層を含む圧縮ディジタル画像を生成し、
- (c) 各圧縮ディジタル画像の可能な切り捨て点につい て視覚的な優位性の値と対応するファイルサイズのテー ブルを生成し、各圧縮ディジタル画像の予想視覚品質レ ベルについて上記切り捨て点は対応する予想視覚品質レ ベルを達成するのに必要なバイト数を表わし、
 - (d) 各画像について現在の切り捨て点を初期化し、
 - (e) 各圧縮ディジタル画像を対応する現在の切り捨て 点まで切り捨て、
 - (f)上記切り捨てられ圧縮されたディジタル画像について圧縮されたファイルの全体のサイズを計算し、
- (g) 切り捨てられ圧縮されたディジタル画像について の上記圧縮されたファイルの全体のサイズを所定のビッ ト予算と比較し、
 - (h) 次の可能な切り捨て点において最も低い視覚的に 有意な値を有する画像のために、現在の切り捨て点を次 の可能な切り捨て点へ更新し、
- (i) 圧縮されたファイルの全体のサイズがビット予算以下となるまで上記段階(e) 乃至(h) を繰り返す方法。

【発明の詳細な説明】

[0001]

【発明の属する技術分野】本発明は、増加する視覚品質 レベルに対応する階層へ編成される圧縮されたディジタ ル画像を生成し、このような圧縮された画像のレートを 制御するための方法に関する。

[0002]

【従来の技術】近年、画像のサブバンド符号化又はウェーブレット符号化のための多くの方法が提案されている。そのうちの幾つかは、サブバンド係数ビット平面のエントロピー符号化を用いるものであり、サブバンド係数は量子化されていることがある。重要なことは、ウェーブレット係数のビット平面符号化は、2000年3月

のISO/IEC JTC1/SC29 WG1 N1646, JPEG2000 Part I Fin al Committee Draft, Version 1.0に記載されるように、提案されているJPEG2000画像圧縮標準に使用されている。

【0003】図1は、一般的なJPEG2000符号化 器を示すブロック図である。JPEG2000符号化器 は、画像を解像度についての階層へ分解し、解像度に対 応する圧縮データは更に多数の品質階層1,2,...L へと分割される。いずれの解像度でも、圧縮されたビッ トストリームに更なる階層を追加することにより、その 10 解像度とそれよりも高い解像度で再構成される画像の品 質は一般的に改善される。JPEG2000標準は、圧 縮されたビットストリームの編成及び順序づけに関して かなりの柔軟性を与える。JPEG2000によって可 能とされるこのような順序づけの1つには、「階層・解 像度・成分・位置プログレッシブ」として知られるもの があり、これは以下「階層プログレッシブ」と称するも のとする。この順序づけでは、圧縮されたビットストリ ームは階層のインデックスの昇順で配置される。即ち、 全ての解像度レベルからの階層1に対応するデータは、 圧縮されたビットストリームの始めに現れる。その後 に、階層2、階層3等に属する全てのデータが続く。か かる順序づけの1つの有用な性質は、圧縮されたビット ストリームの終わりに現れる完全な又は部分的な階層が 捨てられる場合、切り捨てられたビットストリームを復 号化して、より低い品質の再構成画像を生成しうるとい うことである。

【0004】上述のように、階層プログレッシブな順序付けでは一般的に、追加的な階層を加えることによって、改善された品質が与えられる。しかしながら、知覚される画質が夫々の追加的な階層によって改善されるという保証はない。これは、品質がしばしば平均平方誤差又は同様の計量(メトリック)によって定量化されるためであり、これらの計量は知覚される画質とあまりよく相関しないことが周知である。

【0005】JPEG2000標準は、階層の形成について殆ど制約を課さない。従って、階層の形成のための特殊用途方法を工夫するかどうかは個々のJPEG2000符号化器次第である。従来技術では、プログレッシブな順序づけは、サブバンドの相対的な視覚的な重み付けに基づいて決定される(J.Li, "Visual Progressive Coding", SPIE Visual Communication and Image Processing, Vol.3653, No.116, San Jose, California, January 1999)。この方法では、ビットレートの異なる範囲において視覚的な重みの異なる組を使用することが可能である。この方法の主な欠点は、視覚的な重みが変化されるべきビットレートを決定することが困難であるということである。これは、同じ圧縮設定でも、画像内容によって圧縮率が非常に異なりうるためである。

【0006】Taubman (David Taubman, IEEE Transacti 50 多数の予想視覚品質レベル及び対応する視覚的な優位性

ons on Image Processingに発表された"High Performan ce Scalable Image Compression with EBCOT")は、JPEG2000符号化器で階層を形成する方法について記載している。Taubmanの方法では、歪み計量として平均平方誤差(MSE)又は視覚的に重み付けされたMSEが使用される。次に、レートと歪みのトレードオフを用いて、どのようにして階層が形成されるかを決定する。上述のように、MSEは知覚される視覚品質とはあまりよく相関しないことが多い。また、場合によっては、圧縮設定に基づいて視覚的な重み付けを調整する必要がある。

[0007]

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明は、JPEG2000符号化器において圧縮されたビットストリームの階層を、階層が増加する視覚品質レベルに対応するよう形成する方法を提供することを目的とする。 【0008】

【課題を解決するための手段】かかる目的は、増加する 視覚品質レベルに対応する階層へ編成される圧縮ディジ タル画像を入力ディジタル画像から生成する方法であっ て、(a)入力ディジタル画像を分解して夫々が複数の サブバンド係数を有する複数のサブバンドを生じさせる 段階と、(b)上記分解された入力ディジタル画像の各 サブバンドの複数のサブバンド係数を量子化して各サブ バンドの各サブバンド係数について量子化された出力値 を生じさせる段階と、(c)各サブバンドのサブバンド 係数の量子化された出力値から少なくとも1つのビット 平面を形成する段階と、(d)各サブバンドの各ビット 平面を他のサブバンドとは独立にエントロピー符号化さ れるよう少なくとも1回のパスでエントロピー符号化 し、各パスに対応する圧縮されたビットストリームを生 じさせる段階と、(e)各パスについて視覚的に有意な 値を計算する段階と、(f)予想視覚品質レベルと対応 する視覚的に有意な値を指定する視覚品質テーブルを与 える段階と、(g)各予想視覚品質レベルについて、パ スと対応する視覚的に有意な値を達成するのに必要な圧 縮されたビットストリームの最小の組を識別する段階 と、(h)パスに対応する圧縮されたビットストリーム を、上記視覚品質テーブルで指定される最も低い予想視 覚品質レベルから最も高い予想視覚品質レベルまでの階 層へ順序づけ、各階層は、より低い視覚品質階層に含ま れていない予想視覚品質レベルに対応する上記識別され た最小の組からのパスと対応する圧縮されたビットスト リームを含む段階とを含む方法によって達成される。 【0009】本発明は、増加する視覚品質レベルに対応

【0009】本発明は、増加する視覚品質レベルに対応する階層を有する1つ以上の圧縮されたディジタル画像のレート制御のための効率的な方法を提供することを更なる目的とする。この目的は、少なくとも1つの画像のレートを制御する方法であって、(a)各画像に対して多数の予想視覚品質レベル及び対応する視覚的な優位性

の値を指定する視覚品質テーブルを設け、(b)上記複 数の画像を圧縮して夫々が上記視覚品質テーブルで指定 される予想視覚品質レベルに対応する階層を含む圧縮デ ィジタル画像を生成する段階と、(c)各圧縮ディジタ ル画像の可能な切り捨て点について視覚的な優位性の値 と対応するファイルサイズのテーブルを生成し、各圧縮 ディジタル画像の予想視覚品質レベルについて切り捨て 点は対応する予想視覚品質レベルを達成するのに必要な バイト数を表わす段階と、(d)各画像について現在の 切り捨て点を初期化する段階と、(e)各圧縮ディジタ ル画像を対応する現在の切り捨て点へ切り捨てる段階 と、(f)上記切り捨てられ圧縮されたディジタル画像 について圧縮されたファイルの全体のサイズを計算する 段階と、(g)切り捨てられ圧縮されたディジタル画像 についての上記圧縮されたファイルの全体のサイズを所 定のビット予算と比較する段階と、(h)次の可能な切 り捨て点において最も低い視覚的に有意な値を有する画 像のために、現在の切り捨て点を次の可能な切り捨て点 へ更新する段階と、(i)圧縮されたファイルの全体の サイズがビット予算以下となるまで上記段階 (e) 乃至 20 (h) を繰り返す段階とを含む方法によって達成され る。

[0010]

【発明の実施の形態】以下、添付の図面を参照して本発明の望ましい実施例について説明する。上述の説明では、図示されていない追加的な構造もある。このような構造が説明されるが、図示されない場合、その図面がないことではかかる設計が本願から排除されると考えられるべきではない。

【0011】本発明は、ディジタル画像の圧縮に関す る。従来技術で周知の他の技術もあるが、本発明はJP EG2000画像圧縮標準に関する技術について説明す るものとする。提案されるJPEG2000画像圧縮標 準は、復号化器が圧縮されたビットストリームをどのよ うに解釈すべきかについて指定しているため、全ての」 PEG2000符号化器には幾らかの内在的な制約があ る。例えば、JPEG2000標準のPartlでは、 ある種のウェーブレットフィルタのみが使用されうる。 エントロピー符号化器もまた固定である。これらの方法 は、ISO/IEC JTC1/SC29 WG1 N1646, JPEG2000 Part I F 40 inal Committee Draft, Version 1.0, March 2000に記 載されている。従って、本願は、特に、本発明によるア ルゴリズムの一部をなすか、より直接的に協働する属性 に関連する。本願に特に図示又は説明されない属性は、 ISO/IEC JTC1/SC29 WG1 N1646, JPEG2000 Part I Final Committee Draft, Version 1.0, March 2000から、又 は他の従来技術で公知のものから選択されうる。以下の 説明では、本発明の望ましい実施例は通常はソフトウエ アプログラムとして実施されるが、当業者によればかか るソフトウエアと等価のものがハードウエア中に構築さ

れうることが容易に認識されよう。以下説明するようなシステム及び方法では、本発明を実施するために必要な全てのかかるソフトウエア実施は従来通りであり、かかる技術の通常の知識の範囲内である。本発明がコンピュータプログラムとして実施される場合、プログラムは、例えば磁気ディスク(例えばフロッピー(登録商標)ディスク)又は磁気テープといった磁気記憶媒体、光ディスク、光テープ又は機械読み取り可能なバーコードといった光学記憶媒体、ランダムアクセスメモリ(RAM)又は読み出し専用メモリ(ROM)といった固体電子記憶装置、又はコンピュータプログラムを格納するのに使用される任意の他の物理的な装置又は媒体を含む、従来のコンピュータ読み出し可能な記憶媒体に格納されうる。

【0012】ここで添付の図面に例として示される本発明の望ましい実施例を参照する。本発明は望ましい実施例について説明されているが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。逆に、本発明は、請求の範囲に定義される本発明の精神及び範囲に含まれうる全ての変形、変更、及び等価物を網羅するものであることが意図される。

【0013】図2は、本発明によるJPEG2000画 像符号化器のフローチャートを示す図である。ディジタ ル画像(201)は、解析フィルタによるサブバンド分 解(202)を受け、サブバンド係数(203)につい ての画像表現が生成される。画像が多数の成分(例えば RGB) を有する場合、サブバンド分解段階(202) の前に、輝度・クロミナンス変換を適用してYCbCr 表現に変換することができる。また、画像の各成分を多 数のタイルへ分割することが可能である。しかし、この 望ましい実施例では、完全な画像からなる単一のタイル のみが使用される。サブバンド係数(203)は、符号 ブロック分割ユニット(204)によって矩形ブロック へ分割され、1つ以上の符号ブロック(205)が生成 される。当業者は、単一の符号ブロックのみが使用され ている場合はサブバンド係数を分割することが必要でな いことを認識するであろう。

【0014】各符号ブロックは適当な量子化ステップサイズ(209)を用いて符号ブロック圧縮ユニット(206)によって圧縮され、圧縮された符号ブロック(207)及びバイト計数テーブル(208)が生成される。各符号ブロックについて、圧縮された符号ブロック(207)及びバイト計数テーブル(208)は、階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)に与えられる。階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)の他の入力は、その符号ブロックを量子化するために使用される量子化ステップサイズ(209)と、所望の視覚品質レベルのテーブル(210)と、見る条件のパラメータ(211)とである。各符号ブロックについて、階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)は、階層構造

とされた圧縮された符号ブロック(213)を生成するために各階層に幾つの符号化パスが含まれねばならないかを決定し、符号化パス及び各階層の対応するバイトについての情報を格納するTableL(214)を決定する。階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)はまた、ビットストリーム全体が階層プログレッシブに配置されるべきであることを指定する。

【0015】この順序付け情報と、階層化された圧縮された符号ブロック(213)と、及びTableL(214)とは、JPEG2000ビットストリームオーガナイザ(215)に供給され、JPEG2000に準拠する符号化されたディジタル画像(216)が生成される。マスタテーブル発生器(217)は、TableML(218)を生成し、そのj番目のエントリは最初からJ個の階層に対応する圧縮されたデータを表わすために必要とされるバイトの数を指定する。この情報はまた圧縮されたビットストリームに含まれるが、幾つかの適用では、情報からビットストリームをパーズする必要がないよう、情報を別々に記憶することが有利である。

ないよう、情報を別々に記憶することが有利である。 【0016】ここで、図2に示されるブロックについて 20 より詳細に説明する。分解に含まれるサブバンドの総数 をSとし、インデックスi = 0, 1, ...(S - 1) を付すものとする。符号ブロック分割ユニット(20 4) は、各サブバンドを多数の矩形の符号ブロックへ分 割する。図3は、符号ブロック圧縮ユニット(206) をより詳細に示す図である。各符号ブロックは、適当な 量子化ステップサイズ(206)を用いてスカラ量子化 器(301)によって量子化され、量子化された係数 (302) のインデックスの符号(sign)・大きさ 表現が生成される。望ましくは、デッドゾーンを有する 均一スカラ量子化器が使用される。図4A及び図4B は、この量子化器についての決定閾値及び再構成レベル を示す図である。図4Aは、ステップサイズ∆について の決定閾値及び再構成レベルを示す図である。図 4 B は、ステップサイズ2Δについての決定閾値及び再構成 レベルを示す図である。望ましい実施例では、再構成レ ベルは常に量子化間隔の中心にある。しかし、当業者に よれば、これは必須ではないことが明らかとなろう。例 えば、再構成レベルはゼロに向かって偏ってもよい。所 与のサブバンド中の全ての符号ブロックについて同じ基 本の量子化ステップサイズが使用されうる。ここで、サ ブバンド 1 についてのステップサイズを Δ . とする。 尚、最大量子化誤差 E_{ax} が Δ₁ であるゼロの欄を除き、 最大量子化誤差 E_{max} は $(\Delta_1/2)$ である。サブバンド 解析及び合成フィルタが可逆的であれば(R. Calderban k. I. Daubechies, W. Sweldens, and B.-L. Yeo, "Wav elet Transform that Maps Integers to Integers," Ap plied and Computational Harmonic Analysis, vol. 5, no.3, pp.332-369, 1998)、量子化のステップは完全

になくされてもよい。

【0017】処理されるブロックはサブバンドiから得 られたものであると想定する。すると、ブロックからの サンプルは、上述のようにステップサイズがΔ,の均一 スカラ量子化器によって量子化される。量子化された係 数のインデックスの大きさが、A,ビットの一定の精度 で表わされるとする。ビットは 1、 2、 A · で インデックス付けされ、インデックス1は最上位ビット (MSB) に対応し、A₁は最下位ビット(LSB) に 対応するものとする。符号ブロックの k 番目のビット平 面は、その符号ブロックからの全ての量子化された係数 の大きさ表現からのk番目のビットからなる。使用され るスカラ量子化器の1つの興味深い性質は、サブバンド i からの量子化された係数のインデックスの大きさ表現 からのkの最下位ビットを捨てること又はゼロとするこ とは、ステップサイズが2^kΔ_kである係数のスカラ量子 化と等しいことである。このように、最後のkのビット 平面に対応するデータが捨てられる符号ブロックに対応 する圧縮されたビットストリームが切り捨てられる場 合、符号ブロックのより粗い量子化されたバージョンを 再構成することが可能である。これは埋め込み(emb edding)性質として知られている。復号化器にお ける再構成のために量子化された係数のインデックスの 大きさ表現のkのビット平面がなくされた場合、ステッ プサイズが 2 ^{*} Δ₁ である量子化器のための再構成レベル が使用される。

【0018】エントロピー符号化のために、符号化器のビット平面は、先行するビット平面のいずれかが有意であるか現在のビット平面が少なくとも1つの非ゼロピットを有する場合に有意であるものとする。エントロピー符号化器(303)は、1つ以上の符号化パスにおいて符号ブロックについて各ビット平面を符号化する。例えば、最上位ビット平面は、単一の符号化パスを用いて符号化される。符号ブロックの残るビット平面は、3つの符号化パスを用いて符号化される。JPEG2000では、MQ算術符号化器がエントロピー符号化器として使用される。テーブル発生ユニット(304)は、各符号ブロックについてバイト計数テーブル(208)を発生する。テーブル中のm番目のエントリは、ビットストリーム中の符号ブロックの1、2、..., mの符号化パスを含むために必要なバイト数に対応する。

【0019】階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)は、視覚品質テーブル(210)によって指定される視覚品質基準を満たすよう各階層に含まれるべき符号化パスの数を決定する。視覚品質テーブル(210)によって指定の j 番目のエントリは、最初から j の階層のみが圧縮されたビットストリームに含まれる場合にのみ、再構成された画像の最小の予想視覚品質を指定する。符号ブロックの各符号化パスは、視覚的な有意性に割り当てられる。視覚的な有意性がより高いということは、符号化パスが圧縮されたビットストリームに含まれ

ていなければ、再構成された画像の視覚品質が更に低下 することを意味する。 【0020】望ましい実施例では、符号化パスの視覚的

な有意性は、符号化パスに対応する閾値ビュー距離に関 して決定される。これは、人間の視覚系(HVS)の2 次元コントラスト感度関数(CSF)を用いて行なわれ る。ここに参照として組み入れられるJones et al., "C omparative study of wavelet and DCT decomposition with equivalent quantization and encoding strategi es for medical images", Proc. SPIE Medical Imaging '95, vol. 2431, pp. 571-582に記載されるCSFモデ ルは、人間の視覚系の感度を2次元(2D)空間周波数 の関数としてモデル化し、例えば、ビュー距離、光レベ ル、色、画像サイズ、偏心率、ディスプレイの雑音レベ ル等の多数のパラメータに依存する。CSFの周波数依 存性は、一般的には視覚対辺のサイクル/度数を用いて 表わされる。CSFは、所与のビュー距離(即ち、見る 人から表示される画像までの距離)については、例えば サイクル/mmといった他の単位へマップされうる。 【0021】サブバンドiについての2次元CSF値 は、Vをビュー距離、Nをディスプレイの雑音レベル、 Dをディスプレイの1インチ当たりドット数(dp i)、Fiをサブバンドiに関連付けられる2次元空間 周波数(サイクル/mmで表わす)とすると、СSF (F₁, V, N, D) と表わされる。望ましい実施例で は、Fiはサブバンドiに公称に関連付けられる周波数 範囲の中心であるよう選択される。Jones外の論文に記 載されるように、サブバンド i がデッドゾーンを有する 均一なスカラ量子化器によって量子化される場合、ビュ 一距離Vにおいて再構成される画像中に「丁度認識可能 30 (just noticeable) な歪み」を生じさせるステップサ

[0022]
[数1]

$$Q_{i}(V) = \frac{1}{C \times MTF(F_{i}) \times G_{i} \times CSF(F_{i}, V, N, D)}$$

イズQ₍(V)は、

であり、但し、MTF(Fi)は周波数Fiにおけるディ スプレイのMTFであり、であり、Cは表示装置の符号 値当たりのコントラストであり、Gはサブバンドiの係 数の1の符号値の変化に対する再構成された画像のコン トラストの変化を表わす利得係数である。利得係数は、 サブバンドのレベル及び向きと、サブバンド合成フィル タとに依存する。Jones外の論文と比較すると、分母に 0. 5の係数がない。これは、最大の生じうる歪み E ** が、デッドゾーンのない均一なスカラ量子化器では ステップサイズの半分であるのに対して、デッドゾーン を有する均一なスカラ量子化器ではステップサイズに等 しいためである。

離は、再構成された画像中の歪みが「丁度認識可能であ る」ビュー距離として定義される。このように、量子化 された画像の視覚品質は、閾値ビュー距離に関して量子 化されえ、例えば高い閾値ビュー距離は低い視覚品質に 対応する。ここで、HVSの1つのモデルは、サブバン ド分解の各帯域を独立に処理するものである。このよう に、再構成された画像中の全体の歪みに対する量子化さ れた符号ブロックの寄与は、全ての他の符号ブロックに おいて生ずる量子化と独立であると想定されうる。ステ ップサイズO。で量子化された特定の符号ブロックにつ いては、対応する閾値ビュー距離Viを関連付けること ができる。この関係は、

10

 $Q_i = K(V_i)$

と書くことができ、但し、Kはビュー距離Viに対する O₁の依存性を特徴付ける関数である。関数 K の逆関数 は、特定のステップサイズについての閾値ビュー距離、 即ち、

 $V_i = K^{-1} \quad (O_i)$

を決定するために必要である。或いは、符号ブロックに ついての最大絶対量子化誤差が E aax であると想定す る。すると、符号ブロックは、ステップサイズO₁ = E *A* を有する均一なデッドゾーンスカラ量子化器によっ て量子化されるものと考えられる。その場合、 $V_1 = K^{-1} \quad (E_{\text{max}})$ となる。

【0024】このように、各符号ブロックについての閾 値ビュー距離は、符号ブロックに関連付けられる最大絶 対量子化誤差に基づいて決定されうる。この逆関数を見 つけるために、所与の空間周波数における1次元CSF は、d、2d、4dのビュー距離では図5に示されるよ うにビュー距離が減少するにつれ、一般的に増加する。 しかしながら、非常に低い周波数では、再び減少し始 め、従って一意の逆関数 K⁻¹ は存在しない。 C S F は、 K⁻¹ の存在を確実とするため僅かに変更されうる。ビュ 一距離Vに対してCSFを計算するために、V以上のビ ュー距離を有する全てのCSF曲線についての包絡線が とられる。これは、Kが増加しない関数であることを確 実とする。 K⁻¹ は最も小さいビュー距離のためには結び つきが解かれるよう決められる。これは、サブバンドに ついての閾値ビュー距離が必ず量子化器のステップサイ ズの増加関数であることを意味する。望ましい実施例で は、K⁻¹ はルックアップテーブルとして実施される。 【0025】関数⁻¹ Kは、階層のサブセットが保持され た場合にのみ符号ブロックについての閾値ビュー距離を 決定するために、階層形成及び順序づけ決定ユニット (212)によって使用される。階層形成及び順序づけ 決定ユニット(212)のより詳細なフローチャートは 図6に示されている。階層の総数がLであり、符号ブロ ックについての符号化パスの総数が Pであるとする。階 【0023】量子化された画像についての閾値ビュー距 50 層形成及び順序づけ決定ユニット(212)の入力は、

(1) L 個のエントリを有する視覚品質テーブル (21) であってTableVと称するもの、(2)元の符号 ブロック(205)、(3)符号ブロックに対応する圧縮 されたビットストリーム (207)、(4)符号ブロック についてのバイト計数テーブル(208)であってTa ble Bと称されるもの、(5)見る条件のパラメータ (211)である。視覚品質テーブル(210)は、予 想視覚品質レベルを格納し、最初の j の階層が圧縮され たビットストリームに含まれる場合にのみ、 j 番目のエ ントリは予想視覚品質を表わす。視覚品質レベルは、閾 値ビュー距離に関して予め指定され、降順で格納され る。バイト計数テーブル(208)のm番目のエントリ は、符号ブロックについての最初のmの符号化パスに対 応する圧縮されたデータを表わすのに必要なバイトの数 を表わす。階層形成及び順序づけ決定ユニット(21 2) は、L個の行及び2個の欄を有するTableL (2 1 4) を発生する。行 j の 1 番目のエントリは、階 層iに含まれるべき符号化パスの数を示し、行iの2番 目のエントリは階層iをその符号ブロックについての既 存の圧縮されたビットストリームへ追加するのに必要な バイト数を示す。

【0026】初期化ユニット(601)は、j、m、及 び累積パス数CPをゼロに初期化する。初期化ユニット はまた、E_{sax} を符号ブロックについての量子化された 計数のインデックスの最大絶対値へ初期化し、現在の閾 値ビュー距離CVDをK⁻¹(E_{***})に設定する。ステ ップ(602)において、 | は1ずつインクリメントさ れる。次に、比較ユニット(603)はjを階層の数L と比較する。iがLよりも大きければ、全ての階層が形 成されており、プロセスは停止し、テーブルL(21 4) が書き出され、 j が L 以下であればプロセスは続行 する。ステップ(604)において、目標ビュー距離T VDはテーブルVの j 番目のエントリに設定される。第 2の比較ユニット(605)は、現在のビュー距離を目 標ビュー距離と比較する。現在のビュー距離が目標ビュ 一距離以下であれば、ステップ(610)までスキップ する。現在のビュー距離が目標ビュー距離よりも大きけ れば、mはパスの総数Pと比較される(606)。mが P以上であれば、ステップ(610)までスキップす る。mがPよりも小さければ、mは1ずつインクリメン トされる(607)。次に、最初のm回の符号化に対応 する圧縮データを用いて符号ブロックが再構成され、元 の符号ブロックと再構成された符号ブロックとの間の最 大絶対差 E max が見つけられる(608)。現在のビ ュー距離はK⁻¹ まで更新され(609)、ステップ (605) へ戻る。ステップ(610) において、Ta bleL[j] [1]は(m-CP)に設定され、Ta bleL[j] [2]は(TableB[m] -Tab 1 e [CP]) に設定される。また、累積パス数はmに 設定される。つぎに、ステップ(602)に戻る。従っ て、ステップ605乃至609により、視覚品質テーブル(210)に与えられた夫々の予想視覚品質レベルを 満たすのに必要なパスとパスに対応する圧縮されたビットストリームの最小の組が識別される。

【0027】符号ブロックを量子化するために使用されるステップサイズは、その符号ブロックについての全ての符号化パスがビットストリームに含まれるとき、視覚品質テーブル(210)の中で指定される最大の視覚品質レベルが達成されるか超過されるよう、十分に小さいべきであることに留意されたい。望ましい実施例は、これは再構成された画像中の歪みが上述のように丁度認識可能であるよう最大の予想視覚品質レベルに対応する閾値ビュー距離から各サブバンドについてのステップサイズを決定することによって達成される。これは、各サブバンドを量子化するために用いられるステップサイズが十分に細かいことを保証する。

【0028】図7は、階層の形成に対して更なる制約の ある階層形成及び順序決定ユニット(212)の他の実 施例を示す図である。この実施例での制約は、ブロック の階層境界がビット平面境界と一致せねばならないとい うことである。上述のように、ステップサイズ△で量子 化された符号ブロック係数のインデックスの大きさを、 Aビットの一定の精度で表わすとする。ビットを 1. A でインデックス付けするものとし、イン デックス1は最上位ビット(MSB)を表わす。ここ で、符号ブロックのkの最下位ビット平面は捨てるもの とする。すると、符号プロックについての量子化ステッ プサイズは (2 ^λ Δ) であり、対応する閾値ビュー距離 は K^{-1} ($2^k \Delta$) である。上述のように元の符号プロ ックと再構成された符号ブロックの間の最大絶対誤差E を計算する代わりに、E_{max} を2^k Δとする。 【0029】他の実施例では、初期化ユニット(70 1) もまた、kを0へ初期化する。ステップ702乃至 705は、ステップ602乃至605と同じである。ス テップ706において、kを符号ブロックについてのビ ット平面の総数であるAと比較する。kがA以上であれ ば、ステップ710へ進む。kがA以上でなければ、ス テップ707においてkを1ずつインクリメントし、m が最初kのビット平面を表わすのに必要とされる符号化 パスの数を表すよう、mを更新する。ステップ708に おいて、最初のkのビット平面(2 (^-*) を保持することに対応する有効ステップサイズが計算さ れ、Emax はこの値に設定される。ステップ709乃 至710はステップ609乃至610と同じである。こ のように、ステップ705乃至709は、パスの最小の 組と、視覚品質テーブル(210)の中に与えられる各 予想視覚品質レベルを満たすのに必要な対応する圧縮さ れたビットストリームを識別する効果を有する。

【0030】他の実施例では、画像の視覚品質は、閾値 50 ディスプレイ雑音レベルに関して量子化される。閾値デ

ィスプレイ雑音レベルは、ビュー距離又はディスプレイ のdpiといったCSFに影響を与える他の因子が一定 に保たれるときに、再構成された画像中の歪みが丁度認 識可能であるようなディスプレイの雑音レベルとして定 義される。閾値ビュー距離の場合と同様に、ステップサ イズ〇、で量子化された特定の符号ブロックについて、 対応する閾値ディスプレイ雑音レベルN、が関連付けら れうる。この関係式は、Q:=M(N:)と書くことが でき、式中、Mはディスプレイ雑音レベルNに対する O. の依存性を特徴付ける関数である。この場合、より 高いディスプレイ雑音レベルは、より高いステップサイ ズに一般的に対応する。逆関数M⁻¹ は、K⁻¹ を定義 するのと同様に定義される。つぎに、視覚品質テーブル (210)が閾値ディスプレイ雑音レベルに対して、よ り高い雑音レベルがより低い視覚品質に対応するよう指 定される。階層形成及び順序決定ユニット(212)も また、現在のビュー距離(CVD)を現在の雑音レベル (CNL) で適切に置き換え、目標ビュー距離 (TV D) を目標雑音レベル (TNL) で適切に置き換えるこ とによって変更される。

【0031】幾つかの適用では、異なるdpi及び異なる意図されるビュー距離で表示されうる(ハードコピー又はソフトコピー)画像の視覚品質を比較することがある。このような場合、より近いビュー距離で順応効果によるCSFの変化を無視し、ビュー距離及びdpiのCSFパラメータを単一のパラメータで場る画素の視覚的な対辺の角度へ組み合わせる。その場合、画像の視覚品質は、視覚的な対辺の閾値角度について指定されうる。つぎに、視覚的な対辺のより低い関値角度は、より低い視覚品質に対応する。階層形成方法は、視覚品質尺度として閾値ディスプレイ雑音レベルの場合のように適当に変化されうる。異なる点は、比較ユニット(605)が、視覚的な対辺の現在の角度が現在の対辺の目標角度以上であることである。

【0032】図8は、本発明の他の実施例を示す図であ る。JPEG2000符号化器によって生成される圧縮 されたビットストリーム(801)はJPEG2000 ビットストリームパーザ(819)を通され、各符号ブ ロック(820)に対応する圧縮されたビットストリー ムが生成される。ビットストリームパーザはまた、量子 化ステップサイズ(809)についての情報を抽出す る。各圧縮された符号ブロックビットストリームは、エ ントロピー復号化器(802)を通され、量子化された サブバンド係数(803)が再構成される。ステップ8 04乃至818は、対応するステップ204乃至218 と全く同じである。元のJPEG2000ビットストリ ームを生成するために用いられる基本量子化ステップサ イズが粗ければ、視覚品質テーブル(810)から全て の視覚品質レベルを達成することは可能ではないことが ある。

14

【0033】視覚的なプログレッシブな順序づけ方法は、1つ以上の画像を符号化するときに簡単なレート制御方法を提供するために容易に拡張されうる。Q(Q≥1)の画像が、上述のように視覚的にプログレッシブにJPEG2000ビットストリームパーザ2000符号化器を用いて圧縮されたとする。ディスプレイのディスプレイ雑音dpiと観察条件は各画像について同じであると想定する。全体のビット予算をRェバイトであるとする。画像セットの全体の視覚品質を最大化するよう各画像の圧縮されたビットストリームの切り捨て点を見つける方法について説明する。

【0034】上述において、圧縮された画像の質が閾値ビュー距離に対してどのように量子化されうるかについて説明した。同様に、一組の圧縮された画像の全体的な質を、Qの画像の組についての閾値ビュー距離V・・によって量子化しうる。これは、全ての再構成された画像が視覚的に損失のないよう再構成される、即ち歪みが丁度認識可能な最も低いビュー距離として定義される。V4、が、所与のビットストリーム切り捨て点における画20 像 q($1 \le q \le Q$)に対する閾値ビュー距離であるとすると、

[0035]

【数2】

 $V_{\text{set}} = \max_{\mathbf{q}} V_{\mathbf{q}}$

となる。

【0036】レート制御に関する問題は、切り捨てられたビットストリームの全体のファイルサイズが最大でR バイトであるという制約を受けているときに、V sec. が最小化されるよう各圧縮されたビットストリームを切り捨てることである。

【0037】上述のように、JPEG2000符号化器は、各画像についてのTableMLを生成する。テーブルのj番目のエントリは、圧縮されたビットストリーム中の画像の最初のj個の階層を保持するために必要とされるバイト数を指定する。レート制御方法を実行するために、各画像qについて、2つの列のテーブルT。が生成される。第1のカラムは、可能な切捨て点における圧縮されたファイルサイズのリストである。本発明では、圧縮されたビットストリームは、階層境界におけるについてJPEG2000符号化器によって生成されるTableMLは、テーブルT。の第1の列に複製される。テーブルの第2の列は、その画像について視覚的なテーブルの入力からJPEG2000符号化器へ複製された対応する閾値ビュー距離のリストである。

【0038】図9は、レート制御方法のフローチャートを示す図である。一組のQ(Q≥1)の画像(901)とRrバイトのビット予算(903)が所与であると 50 き、方法は以下のようにして行なわれる。JPEG20

00符号化器(903)は、上述のように視覚品質テー ブル(904)を用いて組の各画像を符号化する。各画 像について異なる視覚品質テーブルを用いることが可能 である。JPEG2000符号化器(903)は、圧縮 されたビットストリーム(905)と各画像のTabl eML(906)とを発生する。テーブル発生ユニット (907) はテーブルT。 $(1 \le q \le Q)$ を発生する (908)。切り捨て点初期化ユニット(909)は、 画像全体が保持されるよう各画像についての切り捨て点 を初期化する。当業者は、他の方法により切り捨て点を 初期化することが可能であることを認識するであろう。 例えば、ユーザは各画像についての閾値ビュー距離につ いて所望の最大の視覚品質レベルを指定しうる。この場 合、各画像の切り捨て点は、その画像についてのユーザ 指定の閾値ビュー距離以下の最大閾値ビュー距離に対応 するよう選択されうる。切り捨てユニット(910) は、各画像についての圧縮されたビットストリームを対 応する現在の切り捨て点へ切り捨て、切り捨てられたビ ットストリーム (911) を生じさせる。ファイルサイ ズ計算ユニット(912)は、切り捨てられた圧縮され 20 たビットストリームについての全体の圧縮されたファイ ルサイズF。(913)を計算する。ファイルサイズ比 較ユニット (914) は、全体の圧縮されたファイルサ イズを R τ バイトのビット予算(902)と比較する。 圧縮されたファイルサイズが R r バイト以下であれば、 方法は停止する。Rrバイト以下でなければ、切り捨て 点更新ユニット(915)は、次の可能な切り捨て点に おいて最も低い閾値ビュー距離を有する画像について、 現在の切り捨て点を次の行に設定する。切り捨て点を更 新した後に最も小さい全体ファイルサイズを生じさせる 画像についての関連性はなくされる。切り捨て、全体フ ァイルサイズ計算、ファイルサイズ比較、及び、更新の 処理は、ビットストリーム予算に達するまで続けられ る。

【0039】当業者によれば、最小のファイルサイズに対応する圧縮されたビットストリームから開始し、全体のファイルサイズがRrバイトのビット予算を超過するまで更なる階層を追加するために連続的な連結点を選択することも可能であることを認識するであろう。本発明の方法は、最大のファイルサイズに対応する圧縮されたビットストリームから開始し、階層を捨てていくものである。これは、連続的により低いビット予算に対してレート制御が多数回実行されねばならない場合に、計算的な複雑性に関する利点を有する。

【0040】当業者は、本発明の方法を視覚品質の計量が閾値ディスプレイ雑音レベル又は視覚的な対辺の閾値角度であるような場合に拡張することが可能であることを認識するであろう。ディスプレイのdpiが画像毎に異なる場合は、視覚的な対辺の閾値角度は、望ましい視覚的な計量である。

[0041]

【発明の効果】本発明は、任意の解像度において低いインデックスを付された階層中の圧縮データが、より高い視覚的な重要性を有し、任意の解像度において高いインデックスを付された階層と比較して圧縮ビットストリーム中でより早く出現するよう階層を形成する方法を提供する。これは、「視覚的にプログレッシブ」な圧縮ビットストリームとしても知られる。この順序づけでは、圧縮ビットストリームが切り捨てられた場合に、視覚的にあまり重要でない階層が最初に捨てられるという利点がある。更に、圧縮ビットストリームが階層プログレッシブな方法で配置され、最初のjの階層のみを残すようビットストリームが切り捨てられれば、j番目の視覚品質レベルに達する。

【0042】本発明によるレート制御方法は、個々の画像の圧縮ビットストリームから階層を捨て、それにより切り捨てられたビットストリームの全体ファイルサイズがユーザ指定のビット予算を超えず、画像セットの全体の視覚品質が最大にされるという利点がある。

) 【図面の簡単な説明】

【図1】一般的なJPEG2000画像符号化器を示す ブロック図である。

【図2】本発明による画像符号化器のフローチャートを示す図である。

【図3】符号ブロック圧縮ユニットを示すブロック図である。

【図4A】デッド・ゾーンを有する均一スカラ量子化器 についてステップサイズが∆である場合の決定閾値と再 構成レベルのグラフを示す図である。

3 【図4B】デッド・ゾーンを有する均一スカラ量子化器 についてステップサイズが2△である場合の決定閾値と 再構成レベルのグラフを示す図である。

【図5】ビュー距離がd、2d、4dである場合の典型的な1次元コントラスト感度関数(CSF)を示す図である。

【図6】図2の「階層形成及び順序づけ決定ユニット」 のフローチャートを示す図である。

【図7】図2の「階層形成及び順序づけ決定ユニット」 の他の実施例のフローチャートを示す図である。

【図8】本発明による階層の視覚的なプログレッシブな配置においてJPEG2000に従って圧縮されたビットストリームを再設定する方法を示すフローチャートである。

【図9】本発明によるレート制御方法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

201 ディジタル画像

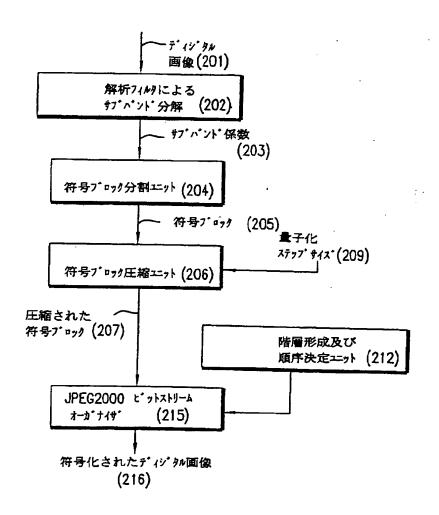
202 解析フィルタによるサブバンド分解

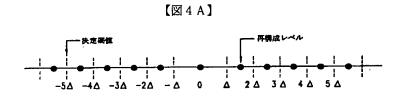
203 サブバンド係数

50 204 符号ブロック分割ユニット

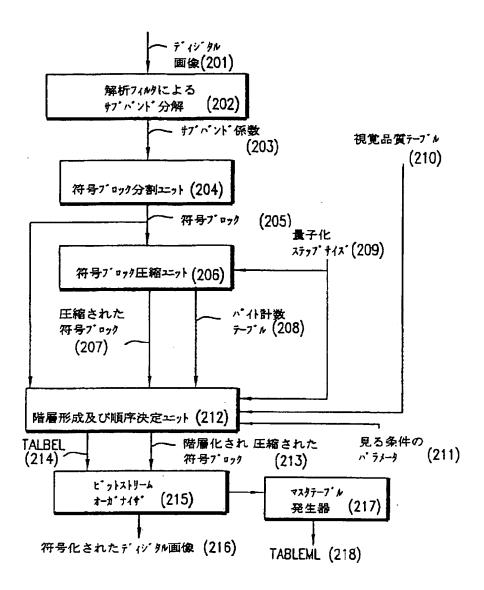
		(10)		特開2002-64710
	17			18
205	符号ブロック	:	* 2 1 2	階層形成及び順序決定ユニット
206	符号ブロック圧縮ユニット		2 1 3	階層化された圧縮された符号ブロック
207	圧縮された符号プロック		2 1 4	TABLEL
208	バイト計数テーブル		2 1 5	ビットストリームオーガナイザ
209	量子化ステップサイズ		2 1 6	符号化されたディジタル画像
210	視覚品質テーブル		2 1 7	マスタテーブル発生器
2 1 1	見る条件のパラメータ	*	2 1 8	TABLEML

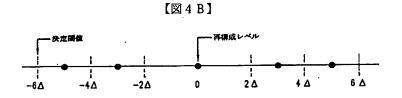
【図1】



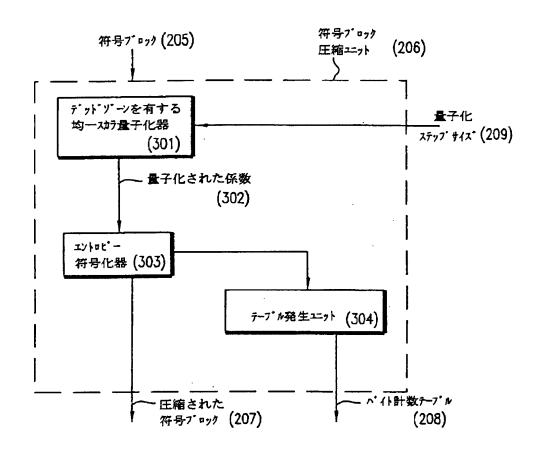


【図2】

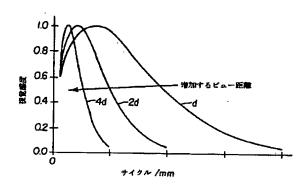


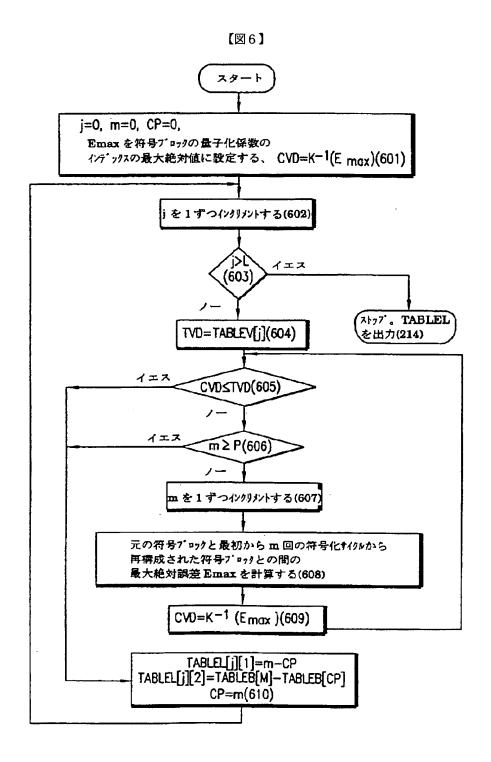


【図3】

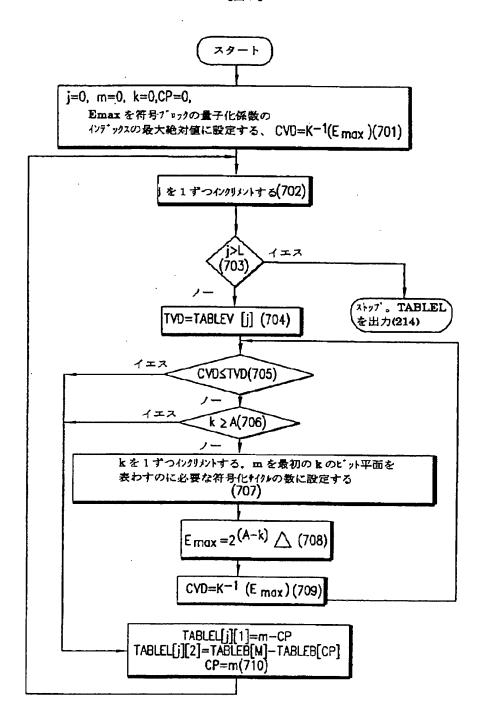


【図5】

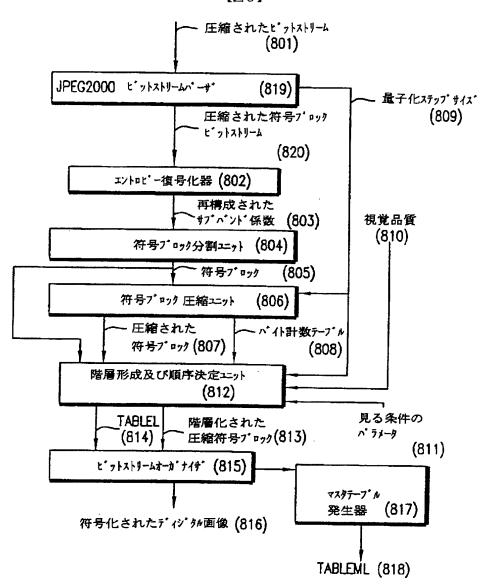


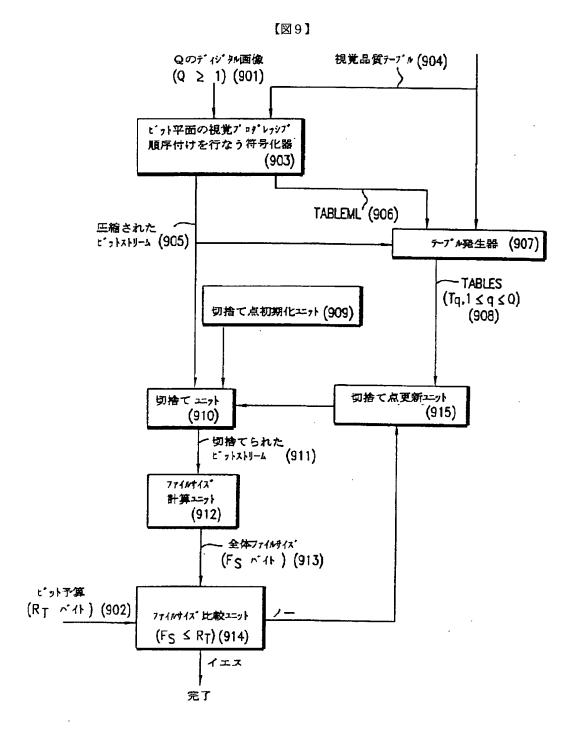


【図7】



【図8】





フロントページの続き

Fターム(参考) 5C059 KK01 MA00 MA24 MA34 MC11

MC38 ME11 PP15 PP16 UA02

UA15

5C078 AA04 BA53 BA64 CA01 DA01

DB19

5J064 AA01 BA09 BC01 BC11 BC16